

Studi Aliran Beban Berbasis Jaringan Syaraf Buatan

Dr. Eng. Syafaruddin, S.T, M.Eng

Syafaruddin@unhas.ac.id

Jurusan Teknik Elektro Universitas Hasanuddin, Makassar

Abstrak- Perhitungan aliran beban merupakan salah satu topik penting dalam analisa sistem tenaga. Studi aliran beban secara khusus dilakukan untuk mengukur kondisi terkini jaringan listrik berkaitan dengan penanganan operasi, perencanaan dan pengembangan jaringan listrik. Untuk perhitungan aliran beban ini tentunya terdapat metode konvensional yang telah dikenal luas oleh para ahli sistem tenaga listrik. Hanya saja metode konvensional ini masih berkatut pada penyelesaian matematik tak-linear dan iteratif sehingga membutuhkan waktu komputasi yang lama dan tambahan memori yang besar terutama penyelesaian kasus untuk sistem yang besar. Oleh karena itu, kami mencoba pendekatan lain untuk penyelesaian studi aliran beban dengan jaringan syaraf buatan, khususnya menggunakan *radial basis function neural network*. Metode yang dikemukakan di sini mempunyai struktur yang sederhana, hasil akurasi yang tinggi dan tentunya tanpa proses iterasi sehingga proses komputasi menjadi lebih cepat. Semua kelebihan yang dikemukakan di sini merupakan hal pokok dan mesti dipenuhi untuk tujuan monitoring sistem yang on-line di mana respon cepat dibutuhkan berkaitan dengan sistem manajemen energi.

Keywords- Kecerdasan buatan, RBF-ANN, studi aliran beban.

I. PENDAHULUAN

Studi aliran beban dalam pengertian perhitungan aliran daya merupakan satu di antara studi yang penting dalam analisa sistem tenaga listrik, di samping studi hubung singkat dan studi stabilitas. Studi aliran beban ini berfokus pada pengukuran besar tegangan dan sudut fasa untuk setiap bus di jaringan, perhitungan aliran daya aktif dan reaktif baik dalam kondisi seimbang maupun ketidakseimbangan sistem. Hasil perhitungan yang seperti ini wajib dipenuhi untuk mempertahankan kondisi terkini dari sistem dan juga untuk memperoleh sejumlah data penting untuk perluasan jaringan listrik di masa depan terutama dalam hal penambahan peralatan terbaru maupun adanya koneksi terbaru dengan jaringan listrik lain [1]. Hasil perhitungan aliran beban juga memberikan informasi yang berguna pada operator sistem tentang jenis kontrol yang mesti diterapkan terhadap variasi tegangan dan sudut bus dan membatasi kapabilitas transfer daya maksimum dalam beberapa skenario operasi. Untuk tujuan ini, tentunya informasi *on-line* terhadap variabilitas parameter sistem sangat dibutuhkan dalam hal monitoring, pengambilan keputusan yang cepat dan restorasi kondisi darurat.

Secara konvensional, terdapat banyak metode dan teknik yang umumnya telah dikenal luas oleh para insinyur sistem tenaga listrikan, misalnya metode Gauss-Seidel Y-bus, Newton-Raphson, Decoupled and Fast-Decoupled power flow. Ide utama dari metode-metode ini adalah penyelesaian persamaan matematik yang tak-linear yang memang merupakan representasi konfigurasi real jaringan listrik. Konsekuensinya, teknik perhitungan ini akan konvergen setelah beberapa kali iterasi; oleh karena itu proses perhitungannya membutuhkan waktu yang lama dan kemungkinan membutuhkan tambahan memori yang besar terutama untuk perhitungan aliran daya sistem kelistrikan yang besar.

Isu tentang kecepatan proses komputasi dan pentingnya tambahan *space* memori yang dibutuhkan selama proses komputasi masih merupakan perhatian utama untuk metode-metode konvensional. Hal ini disebabkan karena keterbatasan kapabilitas komputer dan meningkatnya ukuran topologi jaringan. Untuk alasan ini, faktor percepatan sekitar 1,6 sering dipakai untuk mempercepat konvergensi perhitungan pada metode-metode Gauss-Seidel Y-bus and Newton-Raphson. Sedangkan eliminasi komponen nol dari matriks Jacobian pada metode-metode Decoupled and Fast Decoupled dilakukan untuk menghemat penggunaan *space* memori

komputer. Meskipun demikian, perbaikan metode konvensional menuju ke suatu metode yang lebih efektif dan efisien dalam konteks monitoring, operasi dan kontrol yang sifatnya *on-line* sangatlah dibutuhkan. Untuk alasan ini, metode yang berbasis kecerdasan buatan bisa menjadi solusi yang menjanjikan.

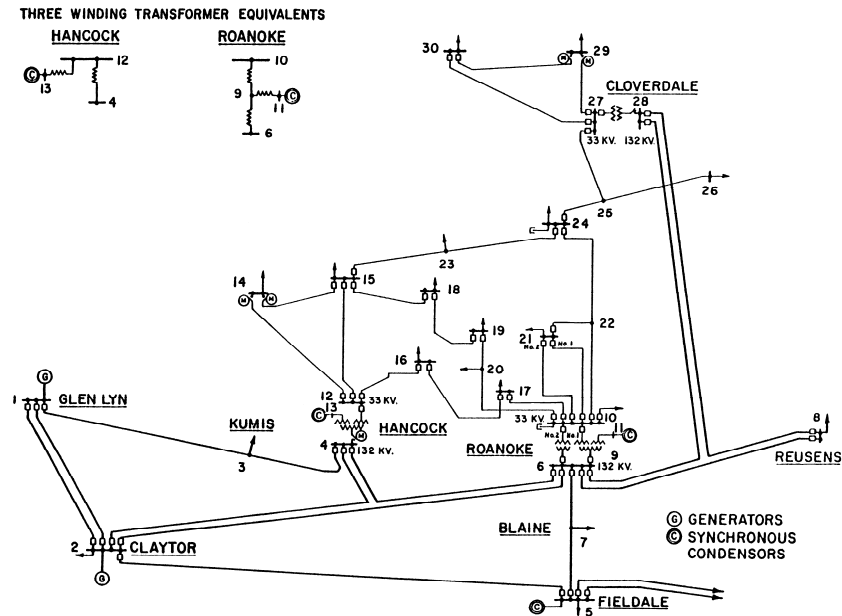
Beberapa hasil penelitian sebelumnya telah mendiskusikan ide dan pendekatan kecerdasan buatan dalam menyelesaikan persamaan matematik non-linear untuk studi aliran beban. Hasilnya menunjukkan bahwa diperoleh ekselensi metode khususnya dalam konteks analisa jaringan listrik *on-line* khususnya fungsi aliran daya optimal dalam sistem manajemen energi [2]. Waktu komputasi yang dibutuhkan sangat cepat, mampu mengolah data dalam jumlah besar dan paralel serta tidak bergantung pada banyaknya jumlah bus di jaringan listrik. Dengan struktur jaringan syaraf buatan tertentu, tingkat akurasinya mampu memberikan hasil yang sama dengan standar software program untuk solusi aliran beban. Di samping itu, waktu komputasinya sangat superior dibandingkan dengan metode perhitungan konvensional, khususnya ketika kita menggunakan jaringan syaraf buatan yang bertipe multi layer perception dengan *artificial neural network* (ANN) yang di-training dengan algoritma Levenberg–Marquardt orde kedua [3].

Studi paling terkini tentang topik ini yaitu bagaimana mengatasi proses yang iteratif dari metode-metode konvensional dengan menggunakan radial basis function (RBF) neural network [4]. Jaringan syaraf buatan berbasis RBF ini merupakan metode yang lebih sederhana dalam hal penerapan, membutuhkan waktu training yang singkat untuk mencapai tingkatan konvergensi dibandingkan dengan jaringan syaraf buatan yang berbasis multi layer perceptron (MLP). Tulisan ini juga terinspirasi dari referensi terakhir tentang metode RBF untuk penyelesaian studi aliran beban. Kami tetap memperhatikan kondisi operasi sistem misalnya pengaliran daya aktif dan reaktif, tegangan terminal setiap titik di jaringan termasuk pengalihan operasi tap changing transformers sebagai signal input, sedangkan tegangan magnitude beserta sudutnya termasuk rugi-rugi daya untuk keseluruhan sistem dianggap sebagai signal output. Penjelasan yang lebih detail tentang bagaimana sistem ini dibuat akan ditampilkan pada bagian berikut.

II. KONFIGURASI JARINGAN SYARAF BUATAN

Dalam studi ini, radial basis function neural network digunakan untuk menyelesaikan perhitungan aliran beban untuk sistem IEEE 30 bus seperti tertera pada gambar 1. Metode yang dikemukakan di sini sederhana, tanpa proses penyelesaian yang iteratif; hanya bergantung pada proses training di mana tentunya kita membutuhkan set data training. Data training ini diperoleh dari hasil perhitungan aliran beban yang konvensional dengan menggunakan metode Newton-Raphson. Sebenarnya pendekatan ini diambil hanya untuk tujuan simulasi off-line, meskipun sebenarnya data-data ini bisa diperoleh melalui hasil pengukuran real-time di jaringan. Oleh karena itu, kami menganggap bahwa metode ini bisa sangat fleksibel.

Dari konfigurasi jaringan yang dijadikan obyek studi diperoleh signal input yang terdiri dari 18 bus beban (P-Q bus), 6 voltage controlled bus (P-V bus), yaitu bus-bus 1, 2, 5, 8, 11, 13 dan 4 tap changing transformers yang terdapat di bus-bus 6, 9, 11 dan 10. Untuk keperluan utilisasi jaringan syaraf buatan ini, masing-masing signal input dikelompokkan menjadi matriks-matriks $[P]$, $[Q]$, $[V]$ dan $[T]$. Sedangkan untuk signal output, masing-masing diklasifikasikan menjadi tegangan magnitude dan sudut tegangan ($[V_m]$, $[\alpha]$) untuk setiap bus dan satu output yang menyatakan total rugi daya untuk keseluruhan sistem $[P_L]$. Dengan asumsi ini, maka kita mempunyai 46 signal input, 60 signal output yang diperoleh dari 1000 data training data.



Gambar. 1 Sistem IEEE untuk 30 bus

Proses training dari jaringan syaraf buatan yang berbasis radial basis function bisa dijelaskan sebagai berikut [5]. Selama proses training, vektor input yang menghasilkan penurunan error struktur digunakan untuk mendapatkan hidden neuron yang baru. Jika error yang diperoleh setelah jumlah hidden neuron yang baru di-update cukup kecil maka proses training dihentikan. Dalam studi ini, parameter untuk proses training, misalnya *mean squared error goal*, *spread*, jumlah neuron maximum dan jumlah neuron yang ditambahkan untuk setiap updating display adalah masing-masing 0.003, 1.0, 1000 dan 1. Hasil keluaran dari proses training adalah jumlah hidden neuron yang merepresentasikan struktur jaringan RBF dan error training yang menunjukkan tingkat akurasi dari struktur RBF yang telah dikonfirmasi. Untuk hasil training diperoleh jumlah hidden neuron sebanyak 354 dengan error training sebesar 0.000997.

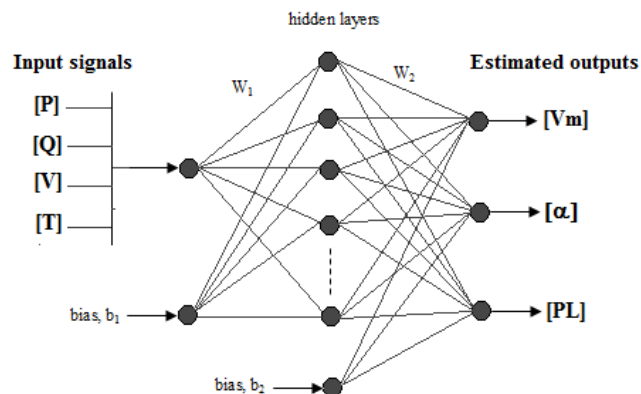


Figure 2 Struktur RBF-ANN

P3	P4	P7	P8	P10	P12	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P24	P26	P29	P30
2.688	9.727	19.496	35.417	4.207	8.380	7.949	7.054	3.433	5.213	3.229	7.332	1.677	24.309	8.107	4.768	2.500	5.544
Q3	Q4	Q7	Q8	Q10	Q12	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q24	Q26	Q29	Q30
1.355	2.046	9.415	35.227	1.447	5.620	2.040	2.157	1.795	3.293	0.909	2.613	0.533	15.438	6.361	3.151	0.934	0.993
V1	V2	V5	V8	V11	V13	T6-9	T6-10	T9-10	T9-11								
1.174	0.940	0.969	0.990	1.054	1.143	9	-8	-1	3								

TABLE II
HASIL VAILDASI DENGAN JARINGAN SYARAF BUATAN

Outputs	Vm1	Vm2	Vm3	Vm4	Vm5	Vm6	Vm7	Vm8	Vm9	Vm10	Vm11	Vm12	Vm13	Vm14	Vm15
Actual	1.174	0.940	1.047	1.020	0.969	1.005	0.982	0.990	1.054	1.123	1.054	1.096	1.143	1.082	1.083
Optimum	1.174	0.939	1.047	1.020	0.969	1.005	0.982	0.990	1.053	1.122	1.053	1.096	1.142	1.081	1.083
Outputs	Vm16	Vm17	Vm18	Vm19	Vm20	Vm21	Vm22	Vm23	Vm24	Vm25	Vm26	Vm27	Vm28	Vm29	Vm30
Actual	1.102	1.114	1.087	1.093	1.100	1.161	1.176	1.070	1.099	1.026	1.002	0.993	1.006	0.979	0.974
Optimum	1.101	1.113	1.087	1.092	1.099	1.160	1.175	1.071	1.099	1.027	1.002	0.994	1.006	0.980	0.976
Outputs	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\alpha 4$	$\alpha 5$	$\alpha 6$	$\alpha 7$	$\alpha 8$	$\alpha 9$	$\alpha 10$	$\alpha 11$	$\alpha 12$	$\alpha 13$	$\alpha 14$	$\alpha 15$	$\alpha 16$
Actual	4.00	0.29	0.40	1.73	0.11	0.26	-0.37	-0.95	-1.40	-0.95	0.95	3.32	0.35	0.64	-0.29
Optimum	3.99	0.28	0.40	1.73	0.11	0.27	-0.36	-0.93	-1.39	-0.93	0.92	3.30	0.31	0.59	-0.31
Outputs	$\alpha 17$	$\alpha 18$	$\alpha 19$	$\alpha 20$	$\alpha 21$	$\alpha 22$	$\alpha 23$	$\alpha 24$	$\alpha 25$	$\alpha 26$	$\alpha 27$	$\alpha 28$	$\alpha 29$	$\alpha 30$	PL
Actual	-1.19	-0.65	-1.21	-1.30	-2.44	-2.63	2.13	-0.15	1.92	1.35	3.62	0.33	2.76	2.36	44.19
Optimum	-1.20	-0.69	-1.25	-1.32	-2.43	-2.61	2.06	-0.20	1.87	1.27	3.59	0.32	2.74	2.35	44.02

Selanjutnya metode yang dikemukakan di sini dievaluasi melalui tingkat akurasi dan kecepatan perhitungan. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel III, di mana terdapat tingkat akurasi yang tinggi dan proses perhitungan yang sangat cepat untuk empat scenario kondisi operasi sistem. Dibandingkan dengan metode Newton-Raphson, kecepatan perhitungan untuk metode jaringan syaraf buatan tentunya jauh lebih cepat. Waktu komputasi normal untuk menjalankan satu kondisi operasi dengan metode konvensional membutuhkan waktu antara 50 dan 250 detik.

TABLE III
HASIL EVALUASI PERFORMANCE

Cases	Validation error	Computational speed
Variable P	0.00352	0.75sec
Variable Q	0.00417	0.78sec
Variable V	0.00278	0.68sec
Variable T	0.00536	0.82sec

IV. KESIMPULAN

Tulisan ini telah menunjukkan hasil perhitungan aliran daya untuk sistem IEEE 30 bus dengan menggunakan metode jaringan syaraf buatan yang dikenal *radial basis function neural network*. Metode yang dikemukakan di sini hanya bergantung pada proses training. Untuk alasan ini data training diperoleh dari metode perhitungan aliran beban konvensional. Pendekatan ini diambil untuk proses training off-line. Sedangkan untuk aplikasi real-time, data training bisa diperoleh dari hasil pengukuran on-line. Metode radial basis function ini sangat sederhana, tidak ada proses iterasi untuk menyelesaikan persamaan non-linear. Oleh karena itu, proses perhitungan sangat cepat tanpa membutuhkan memori computer tambahan. Tingkat akurasi untuk metode ini dikonfirmasi sangat dekat dengan hasil yang diperoleh menggunakan metode konvensional Newton-Raphson.

V. REFERENCES

- [1] H. Saadat, 'Power flow analysis' in Power System Analysis, McGraw-Hill International Editions, 1999, pp. 189-256.
- [2] T.T. Nguyen, 'Neural network load flow', 1995, IEE Proc.: Generation, Transmission and Distribution, 142 (1), pp. 51-58
- [3] V.L. Paucar, and M.J. Rider, 'Artificial neural networks for solving the power flow problem in electric power systems' Electric Power Systems Research, 2002, 62 (2), pp. 139-144
- [4] A. Karami, and M.S. Mohammadi, 'Radial basis function neural network for power system load-flow', International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2008, 30 (1), pp. 60-66
- [5] Syafaruddin, E. Karatepe, and T. Hiyama, 'RBF-ANN method for global operating points of PV array under heavily non-uniform irradiance conditions' Proc. of the 4th ICAST 2010, pp.219-220, Izmir, Turkey.